

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Казанский государственный университет  
имени В.И. Ульянова-Ленина

*На правах рукописи*

**Вахитов Ренат Рифгатович**  
**ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ**  
**НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Специальность 25.00.25 - геоморфология и эволюционная география

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

**Казань - 2005**

Работа выполнена в Казанском государственном университете

- Научный руководитель – доктор географических наук,  
профессор В.И. Мозжерин.
- Официальные оппоненты: доктор географических наук,  
профессор А.М. Трофимов  
(Казанский государственный университет);
- кандидат географических наук,  
доцент И.В. Никонорова  
(Чувашский государственный университет).
- Ведущая организация – Институт экологии природных систем АНРТ.

Защита состоится 29 сентября 2005 г. в 14.00 час. в Казанском государственном университете на заседании специализированного диссертационного совета Д. 212.081.02 по адресу: 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета по адресу: 420008, Казань, ул. Кремлевская 35.

Отзывы и замечания, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу в двух экземплярах.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ августа 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат географических наук

Ю.Г.Хабутдинов

## **Общая характеристика работы**

Актуальность выбранной тематики работы вызвана тем, что создание любого водохранилища вносит кардинальные изменения в существующую природную среду. Эксплуатируемое 25 лет Нижнекамское водохранилище в отличие от каскада Волжско-Камских водохранилищ наименее изучено. При проведении исследования этого водохранилища возникает дополнительная проблема, связанная с изменением нормального подпорного уровня (НПУ).

В данной работе из многочисленного комплекса проблем Нижнекамского водохранилища сделана попытка решить вопрос о перестроении берегов. Сама проблема переработки берегов возникла в процессе проектирования, строительства и эксплуатации крупных водохранилищ и ее решению посвящены труды таких исследователей как И.К.Акимов (1953), С.Л. Вендров (1972), Г.С. Золотарев (1955, 1964), Ф.С. Зубенко (1964,1968), Л.Б. Иконников (1972), Е.Г. Качугин (1975), О.К. Леонтьев (1975), П.И. Печеркин (1969, 1980, 1981) и др.

На сегодняшний день береговая линия Нижнекамского водохранилища составляет 830 км протяженности. Эксплуатация прибрежной зоны и акватории водохранилища многими отраслями хозяйства, большое количество населенных пунктов по береговой полосе, наличие подводных переходов магистральных, промысловых нефте- и газопроводов, расположение химических и нефтехимических причалов и водозаборов говорит о необходимости изучения вопросов переработки береговой полосы Нижнекамского водохранилища и установления прогнозных оценок разрушения берегов и роста прибрежных отмелей.

Целью работы является оценка, в том числе и количественная, переработки берегов Нижнекамского водохранилища. Достижение этой цели требует решения следующих задач:

- оценка условий формирования берегов Нижнекамского водохранилища;
- обоснование примененной методики изучения переработки берегов Нижнекамского водохранилища;
- характеристика наиболее обеспеченных наблюдениями участков;
- проведение типизации берегов для оценки береговой переработки;
- прогноз перестроения берегов Нижнекамского водохранилища.

Фактический материал включает в себя следующее.

1. Собственные полевые материалы о переработке берегов водохранилища, собранные в период с 1999 по 2005 гг. на опорных участках во время проведения экспедиционных исследований и данные инженерно-геологических и гидрологических мониторинговых исследований собранных совместно с ведомственными организациями.
2. Материалы стационарных гидро- и метеонаблюдений и расчетные данные по ветро-волновому режиму на водохранилище.
3. Графические материалы в виде топокарт, топопланов, лоцманских карт разных лет составления.
4. Аэрофотоснимки различных лет съемки.

Научная новизна:

1. Проведена оценка переработки берегов Нижнекамского водохранилища с

учетом морфологии и морфометрии отмели, основанная как на материалах полевых наблюдений, так и на расчетных данных.

2. Выделены типы берегов и прибрежных отмелей по особенностям переформирования с учетом основных факторов, определяющих переработку берегов.

3. Сделан прогноз развития берегов Нижнекамского водохранилища при условиях эксплуатации уровня режима, равного 63,3 м.

#### Защищаемые положения.

1. Нижнекамское водохранилище, являясь наиболее молодым из каскада Волжско-Камских водохранилищ, сохраняет общие особенности переформирования берегов, характерных для равнинных водохранилищ, но отличается одинаковой протяженностью аккумулятивных и абразионных берегов, что выделяет Нижнекамское водохранилище среди всего каскада Волжско-Камских водохранилищ.

2. Каждому выделенному типу берега Нижнекамского водохранилища соответствует определенный тип сформировавшейся прибрежной отмели.

3. Максимальное переформирование берегов приходилось на период с 1983 по 1986 года, то есть через 4-7 лет после заполнения водохранилища.

4. Прогноз переформирования берегов на ближайшие 25 лет показал, что наибольшее затухание процессов переработки абразионных берегов будет наблюдаться в приплотинной и средней зоне. Скорость размыва эрозионных берегов в верхней зоне Нижнекамского водохранилища за рассматриваемый срок существенно не изменится.

Практическое значение. Полученные данные могут быть использованы для оценки и прогноза переработки берегов Нижнекамского водохранилища на разных участках. Составлена карта современной переработки и карта прогноза скоростей переработки на водохранилище. Материалы исследования передавались и используются для мониторинга берегов и прибрежной русловой части Нижнекамского водохранилища в процессе проведения работ и технической эксплуатации инженерных объектов такими организациями, как ОАО Гидропроект, геолого-маркшейдерской службы речного порта г. Набережные Челны, ОАО «Северо-западные магистральные нефтепроводы».

Публикации и апробация работы. Основные результаты работы были доложены на итоговой конференции КГУ за 2003 год (Казань, 2003), Всероссийской научной конференции, посвященной 200-летию Казанского университета (Казань, 2004), республиканской конференции "Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан" (Казань, 2004), на итоговой научно-практической конференции студентов географического факультета Набережночелнинского государственного педагогического института (Набережные Челны, 2001), на конференции, посвященной проблемам жизнеобеспечения больших промышленных городов (Набережные Челны, 2002), Всероссийской конференции «Вузовская наука – России» (Набережные Челны, 2005), на совещаниях в ОАО «Гидропроект» (Набережные Челны, 2002), в геолого-маркшейдерской службе Речного порта г. Набережные Челны (Набережные Челны, 2002, 2003), на участке подводно-технических работ ОАО

«Северо-западные магистральные нефтепроводы» (Казань, 2004). По теме работы опубликовано 10 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем работы составляет 206 страниц текста, в ней содержится 54 рисунка и 26 таблиц. Список литературы включает 158 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доктору географических наук, профессору В.И. Мозжерину, начальнику отдела изысканий ОАО «Самарагидропроект» А.А. Перескоковой, начальнику геолого-маркшейдерской службы ОАО «Речной порт г. Набережные Челны», бывшему главному геологу ОАО «Самарагидропроект» Е.В. Чумакову, начальнику отдела ГУП «Татарстангеология» Д.М. Ламбеву, сотрудникам кафедры физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета.

### **Основное содержание работы**

#### **Глава 1. Условия, влияющие на процессы переработки берегов**

##### **Нижнекамского водохранилища**

Нижнекамское водохранилище впервые наполнено до нормального подпорного уровня в половодье 1979 г. Подпор распространяется от плотины ГЭС на 200 км по долине р. Кама, и на 80 км по р. Белая. При современном уровне (63,3 м) водохранилище не имеет регулирующей емкости и осуществляет лишь недельно-суточное перераспределение транзитного стока. В Нижнекамское водохранилище поступает сток, зарегулированный вышележащими Камским, Воткинским и Павловским водохранилищами, а также за счет естественной боковой приточности с частного водосбора между створами гидроузлов. Объем водохранилища при отметке 63,3 м составляет 4000 млн.м<sup>3</sup> (62 м – 2800 млн.м<sup>3</sup>). Периметр береговой линии (с учетом притоков) составляет 830 км.

Долина реки Кама в районе водохранилища характеризуется асимметричностью склонов, а также четковидным строением долины. Основное участие в строении берегов Нижнекамского водохранилища принимают отложения пермской и четвертичной систем, а в пределах древних речных долин и сниженных частей водоразделов сохранились остатки плиоценовых отложений (Тарасова, 1962, Рябков, 1961, Геология Татарстана, 2003). В зависимости от физико-механического состояния пород, слагающих береговую откос, в значительной мере определяются размеры, скорость и формы деформации берегового уступа. Так, в правобережье Нижнекамского водохранилища сильно трещиноватые, выветрелые породы образуют мелкие обвалы, осыпи. Особенно характерны такие явления для полускальных пород верхнепермской системы (песчаники, алевролиты). При современной эксплуатации водохранилища наиболее легко поддаются размыву четвертичные пески, суглинки и супеси. Коренные полускальные породы размыву поддаются довольно трудно. Таким образом, в зависимости от того, какая литологическая разность подвергается воздействию вод водохранилища, переработка берегов проходит по разному.

В строении долины реки Кама участвуют пойма и шесть надпойменных террас. До затопления водами Нижнекамского водохранилища днище долины р. Кама включало пойму, I и II надпойменную террасу. Характерно увеличение ширины долины к устьям притоков р.Ик, р.Мензеля и р.Белая, затопленных в настоящее время. После заполнения чаши Нижнекамского водохранилища берегами на разных участках служат коренные склоны долины Камы и ее притоков, а также надпойменные террасы и пойма. Первичный поперечный профиль надводной и подводной части берегового склона, характеризующийся как отмель или приглубый, предопределяет характер будущих геодинамических процессов. Данный факт в значительной мере определяет параметры волн, вызывает явление рефракции, разрушения волн и образование прибойного потока. Таким образом, размеры образовавшейся после затопления или сформированной отмели определяет степень воздействия волн на берега.

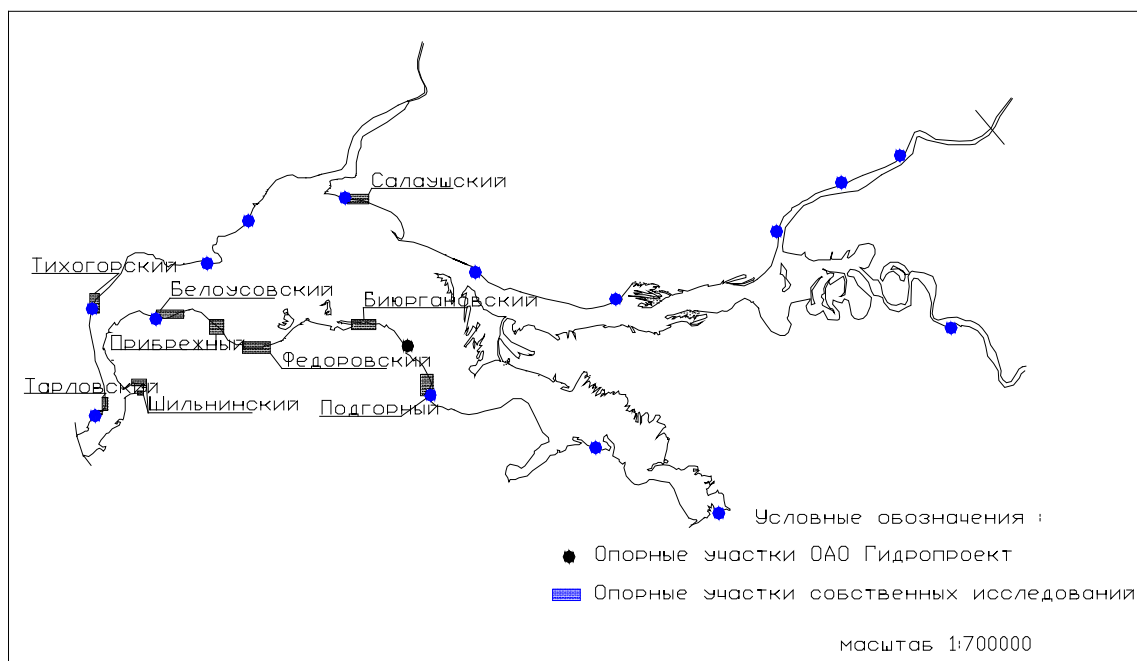
Климат района водохранилища характеризуется континентальным типом умеренных широт с теплым летом и умеренно-холодной зимой. Средняя годовая скорость ветра равна 3,6 м/с. Годовой ход средней месячной скорости характеризуется повышенными значениями в марте, мае, июне, октябре и ноябре. Повторяемость сильных ветров со скоростью от 12 м/с и более, составляет, в среднем, лишь 1,1 % (около 4 суток), высота волн при этом достигает 2-2,9 м. В безледный период (в среднем 200 дней) наибольшую повторяемость имеют западные ветры (Кондратьев, 1998).

Бассейн Камы (на участке Нижнекамского водохранилища) по гидрологическому режиму относится к восточно-европейскому типу, характеризуется преобладанием снегового питания и во вторую очередь дождевого. Характерной чертой режима уровней Нижнекамского водохранилища является отсутствие значительной предполоводной его сработки (снижение уровней), т.е. поддержание уровней большую часть года у отметки равной 62 м (с 2002 года уровень водохранилища 63,3 м). Снижение уровня у плотины гидроузла при зимней сработке составляет не более 0,5 м от НПУ. В половодье уровень у плотины превышает отметку 63,3 м, но в большинстве лет превышение составляет не более 1 м. С удалением от плотины по водохранилищу выраженность половодья на фоне относительно устойчивых уровней в большую часть года, существенно возрастает. Скорости стоковых течений меняются от зоны выклинивания, где их значения максимальны (на Белой в районе с. Груздевка – 0,56 – 1,06 м/с, на Каме в районе с. Чеганда – 0,17– 0,33 м/с) к приплотинному плесу, где скорости снижаются до 0,06 – 0,12 м/с, увеличиваясь во время сработки до 1,5 м/с. Продолжительность ледовых явлений на Нижнекамском водохранилище колеблется от 145 до 185 дней.

## **Глава 2. Методика изучения переработки берегов водохранилища**

В главе рассмотрены общие вопросы изучения процессов формирования берегов водохранилищ и особенности методики их полевого исследования.

При изучении берегов Нижнекамского водохранилища применялся метод опорных участков, метод сплошного маршрутного обследования берегов и методы камеральной обработки материала. Необходимо отметить, что множество факторов, влияющих на процесс изменения берегов водохранилища, толкает на выбор большого числа участков наблюдений. Однако организовать наблюдения на очень большом количестве участков не представляется возможным в связи с тем, что эти наблюдения должны быть комплексными, круглогодичными и требуют значительных затрат на исследовательскую работу. На 9 участках (Шильнинский, Белоусовский, Тарловский, Тихогорский, Подгорный, Прибрежный, Федоровский, Салаушский, Биюргановский) осуществлялись измерения поперечных профилей береговых склонов, как в надводной, так и в подводной частях (рис. 1). Для получения количественных характеристик отступления берега на ключевых участках закладывались репера. Выполнялись наблюдения за динамикой берега и прибрежной отмели путем повторных измерений поперечных профилей береговых склонов или использования материалов прежних разновременных съемок рельефа. Всего на водохранилище данные по отступанию бровки берега и обратимым деформациям прибрежной отмели снимались автором со 188 опорных створов, расположенных на ключевых участках и с 41 дополнительного створа, преимущественно расположенных в верховье водохранилища.



**Рис.1 Ключевые участки полевых исследований.**

Ключевые участки полевых исследований выделялись на основе обработки картографического материала различного масштаба (от 1:500 до 1:100000) и тематического назначения, в том числе, продольных профилей и аэрофотоснимков разных лет составления. Анализ и дешифрирование графического материала, а также совмещение и сопоставление разновременных съемок в цифровом виде, используя программу AutoCad позволило выделить участки побережья с наиболее активным развитием процессов переформирования берегов и отмелей

(абразионного и аккумулятивного типов) с момента эксплуатации водохранилища. Большинство опорных участков имеет удобное расположение в плане подъездов и подходов к месту обследования. Выбор участков геоморфологических полевых изысканий определялся с учетом возможности осуществления всесторонних наблюдений за ходом разрушения берегов. Всем выбранным участкам соответствовали определенные типы перерабатываемого берега. В процессе полевого обследования применялись общепринятые методики геоморфологических исследований и инженерно-геологических изысканий берегов водохранилища (Рекомендации..., 1987).

Использовались данные ведомственных организаций, эксплуатирующих технические объекты и сооружения в береговой зоне (ГУП «Тарстангеология», отдел водохранилищ Нижнекамской ГЭС, ОАО «Самарагидропроект», геологическая служба речного порта г. Набережные Челны, ОАО "СЗМН", данные фонда геологической информации РТ).

Ежегодно проводились рекогносцировочные маршруты по периметру водохранилища для детализации имеющихся материалов и выявления новых данных о факторах и современном развитии берегов. В процессе сплошного маршрутного обследования на участках наиболее активного протекания процессов переработки закладывались дополнительные створы.

Осуществлялась камеральная обработка материалов полевых исследований с обобщением исходных материалов, картосоставительских работ и оформление итогов по результатам исследований. Оформление картосхем и профилей проводилось при помощи программ CREDO-TER 2.0 и MIX, CREDO-Топоплан (для построения рабочего варианта цифровой модели местности и использования условных знаков), AutoCad и MapInfo Professional 6.0. Анализ данных, полученных в ходе полевых гидрологических и гидрографических работ, проводился с помощью программы МОРФОСТВОР на базе AutoCad.

Вся накопленная информация введена в компьютер и создана база данных. Оболочкой базы является пакет EXCEL, при этом применялись представляемые этим пакетом различные методы сортировки, математической обработки и графического представления результатов.

### **Глава 3. Характеристика ключевых участков исследования.**

Как отмечалось в главе 2 при изучении берегов Нижнекамского водохранилища применялся метод опорных участков и метод сплошного маршрутного обследования берегов. Выбор участков определялся с учетом возможности осуществления всесторонних наблюдений за ходом переформирования берегов и обратимых деформаций отмели (рис. 1).

*Тарловский участок* расположен на правом берегу водохранилища, в 5 км выше Нижнекамского гидроузла. Отмель характеризуется абразионно-аккумулятивным типом развития. Данные разновременных измерений со створов ключевого участка позволяют говорить о взаимосвязанности процесса размыва берегового уступа и изменения морфологических особенностей



прибрежных отмелей. Переработка берега за 25 лет существования водохранилища с НПУ 62 м (до 2002 года) на этом участке равна 15 - 25 м.

*Тихогорский участок* расположен на правом берегу р. Камы, в 20 км выше плотины Нижнекамской ГЭС (1667 - 1669 км судового хода). Отмель представлена в основном абразионно-аккумулятивным и абразионным слабо выработанным типом. Величины переработки берега, полученные в результате анализа съемок створов участка, показывают некоторое затухание скоростей размыва и стабильного планово-высотного положения прибрежной отмели в течении последних пяти лет. Величина фактической переработки берега на этом участке не превышает 10 - 12 м.

*Салаушский участок* находится около бывшей фермы колхоза им. Пушкина, расположен на правобережье долины р. Камы. Отмель представлена абразионно-аккумулятивным выработанным типом, ниже по течению, приобретает аккумулятивный тип развития. Переработка берегов Салаушского участка, по результатам совмещения разновременных измерений, указывает на снижение темпов отступления берегов до 0,1 – 0,2 м/год и постепенным ростом прибрежной отмели, что подтверждается высоким коэффициентом аккумуляции. За 25 лет существования водохранилища переработка берегов участка составила 65 м.

*Шильнинский участок* расположен в устье р. Шильна на левом берегу водохранилища, в заливе. Отмель характеризуется аккумулятивным типом развития, имеет ширину 300 - 500 м. Совмещение результатов разновременных измерений указывает на относительно стабильное положение берегового склона за весь период эксплуатации водохранилища, что подтверждается постоянными величинами коэффициентов аккумуляции и размываемости. Переработки берега в современных условиях практически не происходит.

*Белоусовский участок* расположен на левом берегу, в заливе Нижнекамского водохранилища, между 1679 и 1681 км судового хода (32 км от Нижнекамской ГЭС). Средняя глубина водохранилища составляет 8 м. Отмель представлена абразионно-аккумулятивным типом, имеет ширину до 30 м и уклон до первых градусов, выше по течению в районе активных оползневых участков отмель приобретает абразионный тип развития.

*Прибрежный участок* расположен на левом берегу, в заливе между 1687 - 1688 км судового хода. Отмель, выработанная абразионно-аккумулятивными процессами, после заполнения водохранилища равна 50 м. За 25 лет существования водохранилища переработка достигла, в среднем, 30-37 м, к 2030 году с НПУ 63,3 м прогнозная переработка оценивается в 85-100 м.

*Федоровский участок* расположен на левом берегу, в заливе между 1687-1688 км судового хода. Отмель, выработанная процессами переработки берега, после заполнения водохранилища равна 15-20 м, выше по течению на вогнутом участке берега отмель расширяется до 40 м. Клиф разрушается с наблюдаемыми обвальными и осыпными процессами, отступление береговой бровки за 25 лет составила 15 - 20 м.

*Бюргановский участок* расположен на левом берегу р.Ик. Отмель характеризуется абразионно-аккумулятивным и аккумулятивным типом развития, имеет среднюю ширину 40 м. В течении 25 лет существования водохранилища переработка берега на участках незначительна, так как в прибрежной части водохранилища развиты протяженные отмели с глубиной 1,5 – 2 м. Смещение береговой линии на первом подучастке составила, в среднем, 10 - 20 м, на втором подучастке скорость абразионного разрушения - первые метры.

*Подгорный участок* расположен на левом берегу р. Ик, в заливе, на границе средней и верхней гидрологической зоны водохранилища. Отмель представлена в основном абразионно-аккумулятивным и абразионным слабо выработанным типом, имеет ширину 10 - 15 м. Формирование берега в данном районе исследования относится к абразионно-оползневому типу развития. Берег участка в настоящий момент развивается в стадии абразионно-аккумулятивных отмелей со стабилизацией темпов отступания бровки берегового уступа.

#### **Глава 4. Типы берегов Нижнекамского водохранилища.**

В основу проведенной типизации берегов Нижнекамского водохранилища были взяты классификации В.М. Широкова (1964, 1982), использовавшаяся для Куйбышевского водохранилища, и И.А. Печеркина (1969, 1981), а также классификация предложенная Н.Н. Назарова, Д.Г. Тюняткина и И.В. Фроловрой (2004) разработанные для побережья Камского и Воткинского водохранилищ, с дополнениями автора (Вахитов, 2003).

Использовался материал полевых наблюдений на ключевых участках исследований автора, маршрутных водных и сухопутных обследований берегов водохранилища, а также различные дополнительные данные (топокарты, лоции, АФС и др.).

Основным в выделении основных типов перерабатываемых берегов водохранилища были приняты ведущие берегоформирующие процессы и определяющие их условия, что, на наш взгляд, наиболее универсально и полно представлять особенности модификации берегов, так как в ней учитывается направленность характера взаимодействия процессов в формировании новых берегов, а также прибрежных отмелей. Были выделены шесть типов берегов с сопутствующими им прибрежными отмелями и береговыми процессами (табл 1, рис. 2, 3).

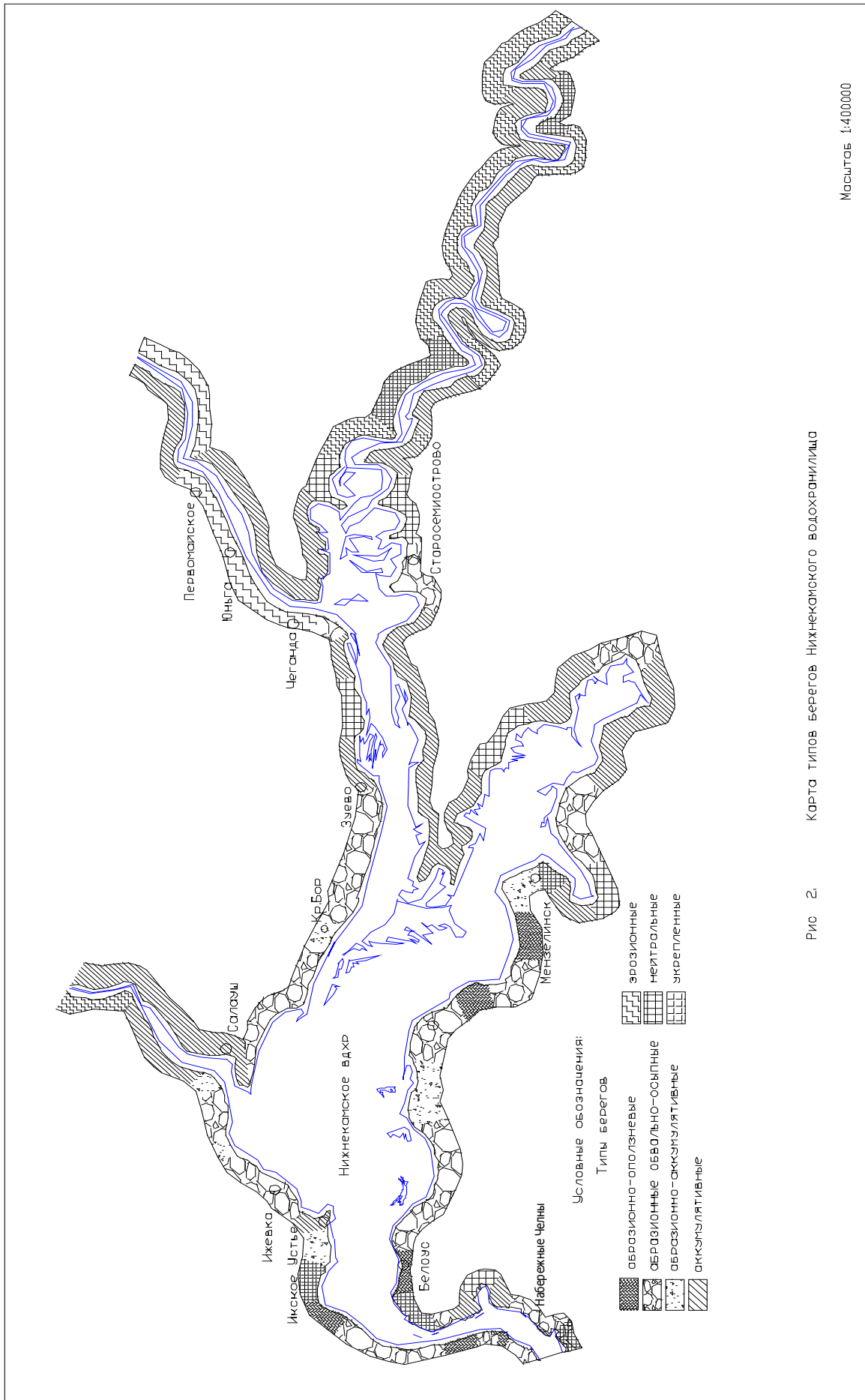


Рис. 2. Карта типов берегов Нижнекамского водохранилища

Масштаб 1:400000

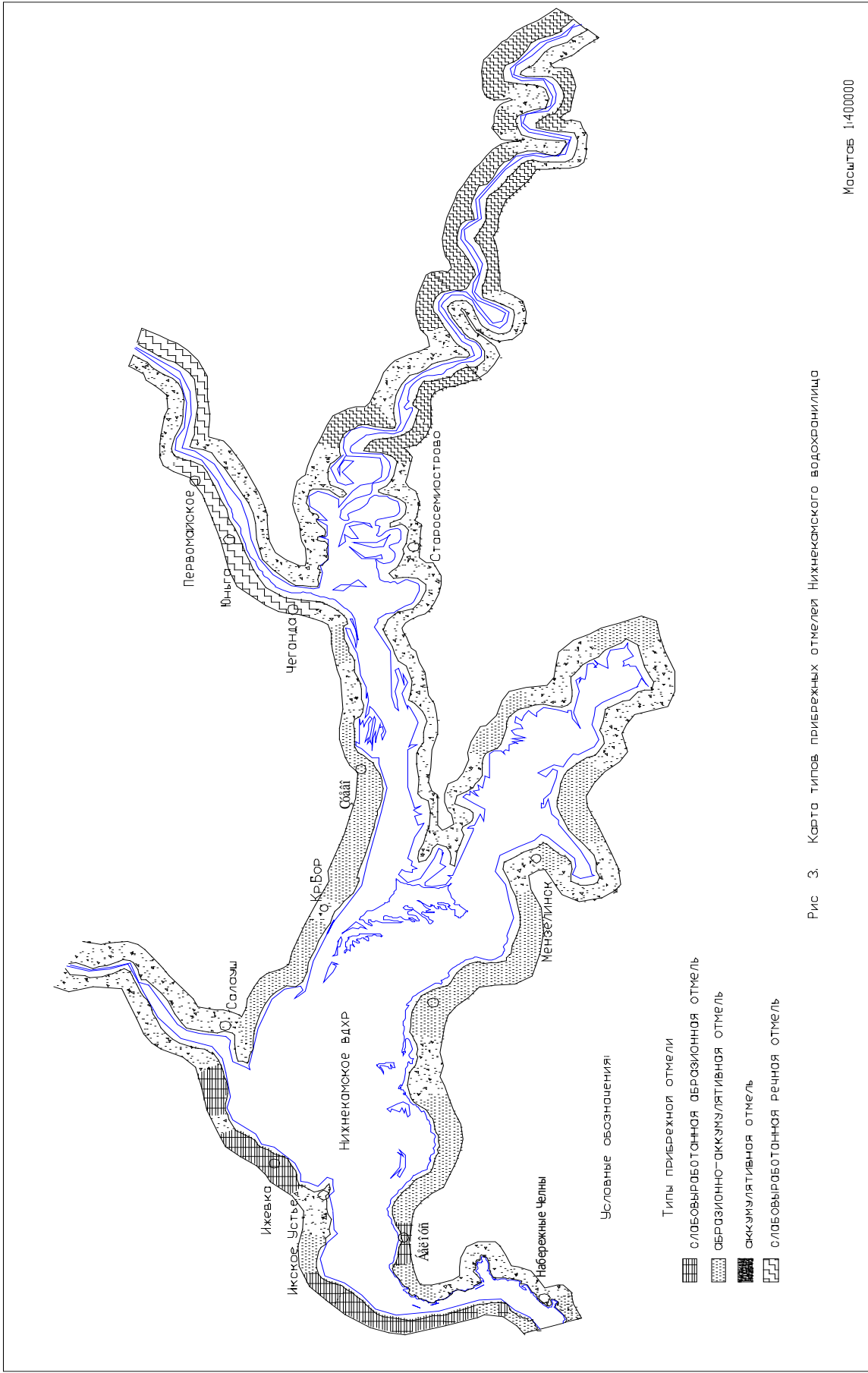


Рис. 3. Карта типов прибрежных отмелей Нижнекамского водохранилища

Масштаб 1:400000

Таблица 1

## Типы берегов Нижнекамского водохранилища

Генетическая и гидродинамическая группа	Тип берега	Тип прибрежной отмели	Протяженность	
			км	%
Абразионные волнового происхождения	абразионно обвально-осыпные	абразионные, абразионно-аккумулятивные	130	16,8
	абразионно-оползневые	абразионные, слабо выработанные абразионно-аккумулятивные	17	2,1
	абразионно-аккумулятивные	абразионно-аккумулятивные	66	8,3
Аккумулятивные волнового и неволнового * происхождения	аккумулятивные	аккумулятивные	197	25
Эрозионные неволнового происхождения	эрозионные	слабо выработанные отмели	172	21,8
Нейтральные	нейтральные	затопленные поверхности поймы и надпойменных террас	84	10,6
Техногенные	укрепленные		122	15,4

\*- к гидродинамической группе **неволнового происхождения** относятся берега сформированные вдольбереговым потоком наносов, режимом течений.

*Абразионные обвально-осыпные берега.* Общая протяженность абразионных обвально-осыпных берегов 130 км, более 90 % от протяженности данного типа приходится на приплотинную и среднюю гидрологическую зону. На большинстве наблюдательных створов абразией, прежде всего, выработывалась вертикальная стенка. Значение имеет бомбардировка берега различными обломками, находящимися у уреза воды. Скорость обвально-осыпного разрушения берегов, сложенных разными породами, не одинакова. Переработка коренных песчано-глинистых берегов идет значительно медленнее, чем берегов, сложенных рыхлыми отложениями. При первой очереди заполнения водохранилища, согласно фоновым данным, скорость отступления берега была в 2-3 раза интенсивнее, так как разрушению подвергались делювиальные шлейфы и сильно выветрелая часть коренных отложений. Наиболее интенсивно перерабатываемый участок, характеризующийся абразионным обвально-осыпным типом берега водохранилища, находится на правом берегу от устья реки Иж до села Зуево. Общая длина участка переработки 20 км (Вахитов, 2004, 2005).

*Абразионно-оползневые берега* на территории Нижнекамского водохранилища распространены широко в различных по возрасту породах, чему способствует как состав отложений и их значительная обводненность. Суммарная протяженность таких берегов составляет около 17 км. Наиболее

крупные оползни по берегам Нижнекамского водохранилища приурочены к высоким коренным берегам, сложенным верхнепермскими, неогеновыми породами и реже к уступам надпойменных террас. Абразионная переработка коренных оползневых склонов, по данным ведомственных организаций и собственных полевых работ, как правило, вызывает активизацию старых оползней, а также возникновение новых. Величины переработки зависят от активности оползневых процессов и распространения их вглубь коренного склона. Интенсивно размываются оползневые тела в районе с. Тихие Горы, Белоуса, Подгорные Байляры. Скорость переработки в настоящее время составляет до 0,5-0,7 м/год. Практически все участки, на которых развит абразионно-оползневой тип берега расположены в непосредственной близости от затопленного русла, что заметно препятствует аккумуляции материала на отмели. Масштаб современной активной оползневой деятельности больше в приплотинной части, чем в верховьях водохранилища. Протяженность оползневых тел по берегу достигает 1100 м, а в глубь берега - 250 м. Увеличиваются размеры и объемы отдельных оползневых тел. Обычные размеры оползневого полуцирка в плане составляет по простирацию склона 200-300 м при ширине 45-50 м.

*Абразионно-аккумулятивные берега.* Данный тип берегов развивается по берегам многочисленных островов-останцов поймы и первой надпойменной террасы в средней и верхней зоне водохранилища. Общая протяженность данного типа берегов составляет 66 км. Непосредственной абразионной переработке подвергаются берега со стороны открытой акватории, а смыаемый материал перемещается на формируемую аккумулятивную часть отмели. Наблюдается чередование абразионных и аккумулятивных участков берега. Характер переработки определяется первоначальным рельефом, берега крутизной более 10 градусов имеют абразионный характер развития. Берега, в основном, пологие, местами заболоченные, с характерным абразионным уступом высотой 0,3 - 0,5 м. Вдоль пологих берегов и на межостровных понижениях, в проливах и заливах наблюдается аккумуляция.

*Аккумулятивные берега* на водохранилище развиты в зоне затопления поймы и низких аллювиальных террас в основном на левобережье (общей протяженностью 197 км). В некоторых случаях это берега заливов и полуостровов, а также устья мелких оврагов и небольших балок. В плане аккумулятивный берег может быть выровненный или бухтовый. Наиболее характерными являются берега с неясно выраженной береговой чертой, пологие (с крутизной до 5 - 8<sup>0</sup>), сильно заболоченные, иногда закустаренные, с большим количеством мелких островов, вытянутых параллельно береговой линии. Аккумулятивные процессы проявляются на мелководьях левого берега с устья реки Шильна до Первомайской нефтяной дамбы в приплотинной зоне.

*Эрозионные берега* распространены в верховьях водохранилища, где максимальные скорости течения достигают 2 м/с и контакт воды с коренными склонами происходит только в период весеннего половодья, а волнение сопровождается низкими энергетическими характеристиками, главным фактором разрушения берегов является русловая эрозия. Протяженность эрозионного типа

берега составляет 172 км, наибольшее развитие они получили в верхней зоне и зоне притоков. Переработка берегов связанная с эрозионной деятельностью р. Камы, по данным створов эксплуатирующих организаций и дополнительных створов автора, за 25 лет существования водохранилища составляет большей частью 6-12 м, увеличиваясь на отдельных участках в среднем до 15-30 м.

Наибольшее распространение *нейтральные берега* получили по обоим берегам в верхней зоне водохранилища. Протяженность данного типа берегов составляет 84 км. Характеристика этого типа берегов отмечает возможную аккумуляцию абрадируемого материала в мелководной прибрежной зоне, что подтверждалось при промерных работах на отмели. В современных условиях рассматриваемые нейтральные участки побережья Нижнекамского водохранилища по своим геодинамическим признакам близки к аккумулятивным и абразионно-аккумулятивным формируемым типам, но отличаются, с учетом погрешностей измерений, от них гораздо меньшими темпами и размерами переработки.

*Укрепленные берега* на водохранилище развиты повсеместно (общей протяженностью 122 км). Эксплуатация водохранилища при промежуточной отметке 62 м привело к нарушению оснований защитных сооружений в результате абразии и, как следствие, в той или иной мере самих сооружений. Это в первую очередь касается Бондюшской и Первомайской защитных дамб, которые разрушаются практически по всей длине. Процесс разрушения оснований и сооружений прогрессирует. Небольшие разрушения наблюдаются на берегоукреплениях санатория «Ижминводы» и аванпорта г.Набережные Челны.

Рост прибрежной отмели в течение двадцатипятилетнего периода эксплуатации водохранилища наиболее интенсивно наблюдался в первые 8 лет после заполнения чаши. Затем в течение следующих десяти лет, в среднем, скорость роста оставалась стабильной для всех ключевых участков. Изменения в структуре скоростей аккумуляции или размыва прибрежной отмели произошли в 2001 – 2002 году (при изменении НПУ с 62,0 м на 63,3 м), что выразилось в некоторых случаях в увеличении морфометрии отмели, а в других в размыве ее поверхности или уменьшении ширины (Тарловский участок). В среднем, за весь период эксплуатации водохранилища наибольшей интенсивностью размыва берегов отличаются абразионные обвально-осыпные и эрозионные берега. Сравнение хода скоростей линейного отступления берега с полным притоком воды в водохранилище за период с 1984 по 1999 года показало подобие увеличения величин скоростей размыва и водности года в верхних зонах водохранилища, что не наблюдалось в береговой зоне озеровидной части акватории.

По данным, полученным с ключевых участков полевых исследований, и материалам, хранящимся в фондах производственно-эксплуатирующих организаций, был составлен обобщенный график скоростей линейного отступления берега и роста отмели за весь период эксплуатации Нижнекамского водохранилища (рис. 4). Анализ графика показал идентичное изменение во времени хода скоростей размыва и аккумуляции. При возрастании скоростей берегового размыва в первые года после наполнения водохранилища наблюдается рост значений аккумуляции прибрежных отмелей, что связано с поступлением на

подводную часть берегового склона абрадируемого материала. В последующие годы уменьшение значений размыва уступов и, соответственно, отложения наносов объясняется наличием в подводной части сформировавшейся отмели (в том числе и аккумулятивной ее части), влияющей на энергетические параметры волны, подходящей к перерабатываемому берегу. Увеличение величин отступления бровки берега в 1990 году объясняется подобием увеличения скоростей размыва и водности года в верхних зонах водохранилища. Отмеченный выше небольшой пик абразионно-аккумулятивной деятельности в 2002 году связан с увеличением уровня водохранилища до 63,3 м, затем по всем проанализированным створам отмечается спад размыва берегов и аккумуляции (до 2004 года).

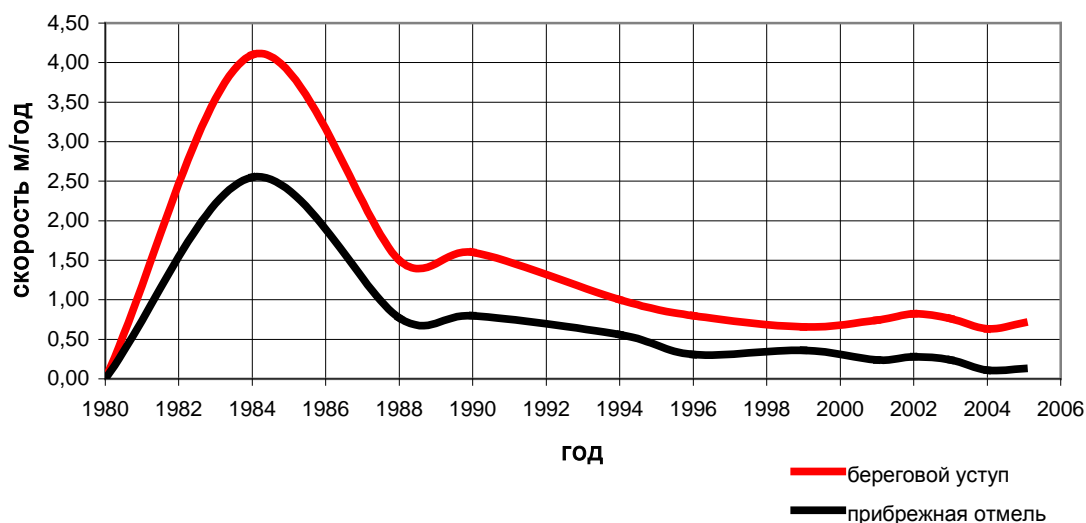


Рис. 4. Скорости линейного отступления берега и роста прибрежных отмелей Нижнекамского водохранилища с 1980 по 2004 год

#### Глава 5. Прогнозирование переработки берегов Нижнекамского водохранилища.

Изучение закономерностей формирования береговой зоны за первоначальный двадцатипятилетний период эксплуатации Нижнекамского водохранилища предоставило возможность получения прогнозных оценок развития берегов и отмелей. В процессе камеральных работ применялся региональный вид прогноза переработки берегов. Региональный прогноз производился по методу ключевых участков на основе проведенного для этих целей специального районирования прибрежной территории и чаши водохранилища и предполагал оценку интенсивности берегоразрушения во времени по периметру водохранилища.

Для выбора методики расчетов прогноза отступления береговой бровки и динамики прибрежной отмели были рассмотрены следующие работы: Рекомендации ПНИИИС по оценке и прогнозу размыва берегов рек и водохранилищ для строительства (1987), Ведомственные строительные нормы (ВСН 163-83) "Учет деформации речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов" (1985), методика Е.Г.



Качугина (1975), а также И.А. Печеркина (1981). Выбор данных работ строился на основе рассмотрения в них прогнозных оценок деформации не только уступов, но и отмелей различных генетических типов. Для выявления методики дающей более точные прогнозные результаты проводился расчет прогнозной переработки берегов с использованием профилей опорных участков до создания водохранилищ, на срок 10 и 20 лет и сравнение полученных данных с фактическим материалом мониторинговых инженерно-геологических работ. Наиболее близкий результат прогнозных оценок к фактической ситуации был получен при использовании методики предложенной в ВСН 163-83 (Вахитов, 2004).

При составлении прогноза размыва берегов водохранилища приоритетным, в первую очередь, являлось выявление процессов, которые будут участвовать в размыве береговых склонов и влиять на устойчивость сооружений при НПУ 63,3 м. Кроме того, оценивались изменения активности берегоформирующих процессов по сравнению с существующей, и определились размеры берегоразрушения на заданный срок. Особенностью прогнозирования является анализ взаимосвязанного развития надводной и подводной части берегового склона.

Проанализировав тренды скоростей и объемов переработки, можно сказать, что в настоящее время на берегах *приплотинной зоны* наблюдается слабая тенденция уменьшения величин абразии и возрастание аккумулятивных процессов. По профилям всех створов строился прогноз. Общая скорость размыва берегов имеет тенденцию снижения, и через 25 лет составит не более 0,15 м/год (средняя по всем прогнозным профилям) (рис. 5).

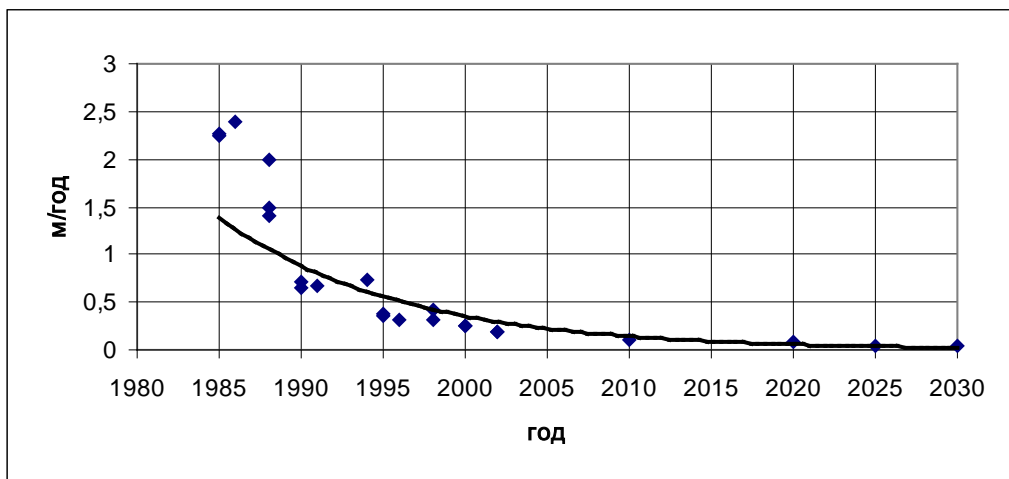
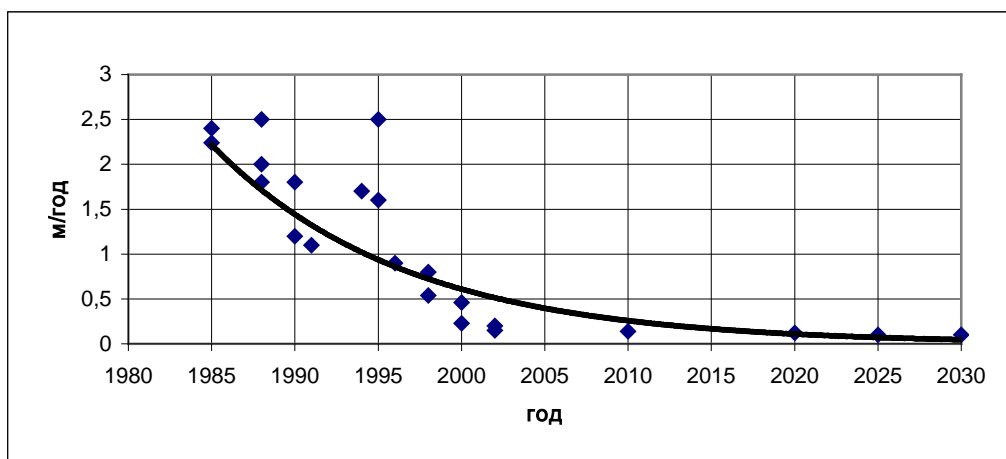


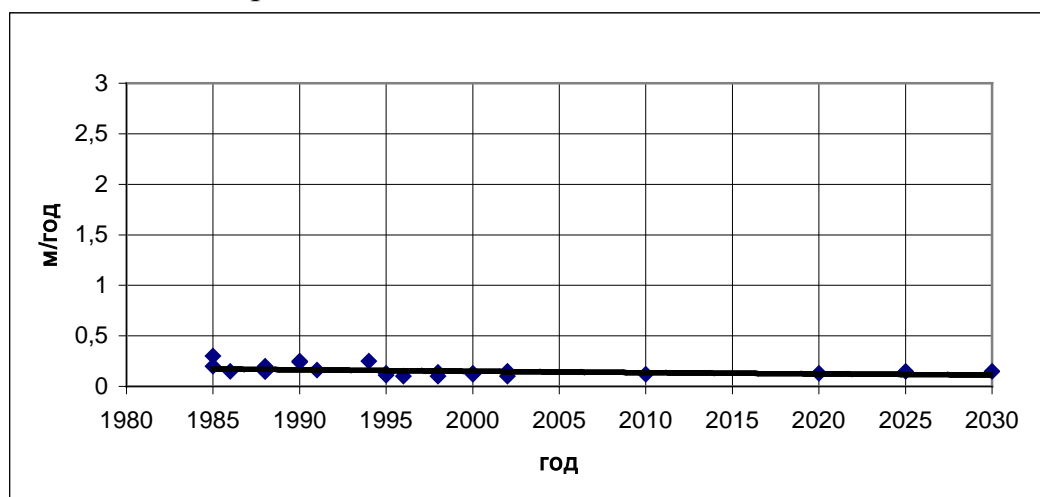
Рис. 5. Скорость смещения линии берега с 1985 года по 2030 год с НПУ – 63,3 м в приплотинной зоне.

В настоящее время с увеличением абразионно-аккумулятивной прибрежной отмели и соответственно уменьшением величины энергии волн размывающих уступ, скорости переработки снижаются и составляют на сегодняшний день в *средней зоне* водохранилища 0,23 м/год. Тенденция размыва берегов различных типов в средней гидрологической зоне сходна с приплотинной и также характеризуется уменьшением величин скоростей, и через 25 лет составит не более 0,16 м/год (средняя по всем прогнозным профилям) (рис. 6)



**Рис. 6. Скорость смещения линии берега с 1985 года по 2030 год с НПУ 63,3 м в средней зоне**

Средние скорости переработки берегов в *верхней зоне* в течение периода эксплуатации уменьшились (с 0,25 до 0,10 м/год), хотя к 2030 году с НПУ 63,3 м они сохраняют примерно такие же, как и сейчас, величины скоростей размыва (рис. 7). В размыве берегов русловой эрозией нет явных различий между правым и левым берегом.



**Рис. 7. Скорость смещения линии берега с 1985 года по 2030 год с НПУ – 63,3 м в верхней зоне.**

Характер эрозионно-аккумулятивного формирования русла в *зоне притоков* определяется тем, что верховье Нижнекамского водохранилища является нижним бьефом Воткинского водохранилища. Прогнозные скорости руслового размыва берегов к 2030 году с НПУ 63,3 м не изменятся, и будут колебаться в пределах 0,10-0,35 м/год (рис. 8) .

По цифрам, полученным при прогнозе переработки типов берегов различных гидрологических зон, была построена карта-схема прогноза переработки берегов Нижнекамского водохранилища с НПУ 63,3 м, на срок до 2030 года (рис. 9). В целом, прогнозируемые скорости абразионной переработки берегов имеют наибольшие величины на правобережье, и по своим значениям, в отличие от настоящего времени, сходны с размерами берегоформирования в верхней зоне водохранилища.

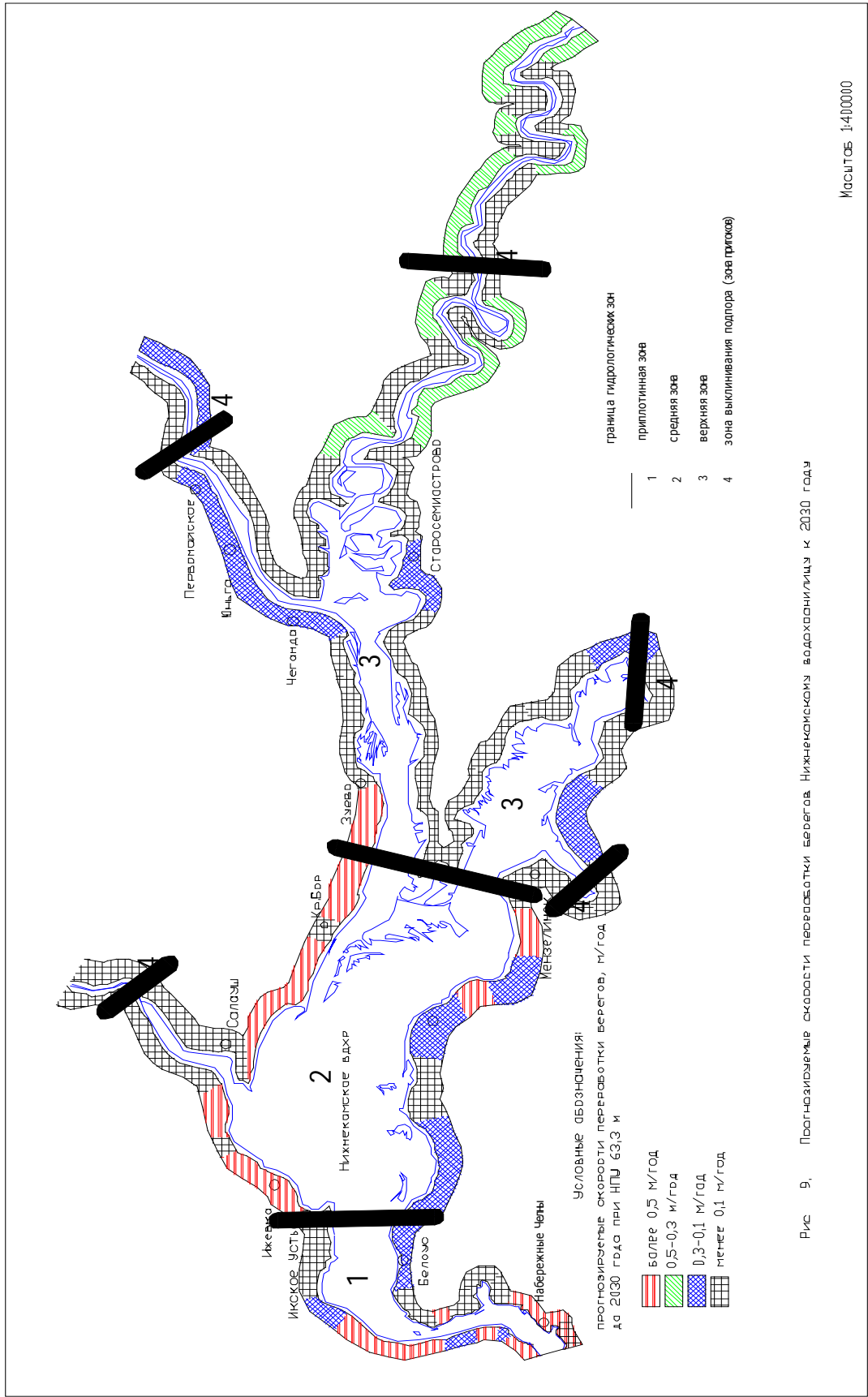


Рис. 9. Прогнозируемые скорости переработки берегов Нижнекамского водохранилища к 2030 году

Масштаб 1:400000

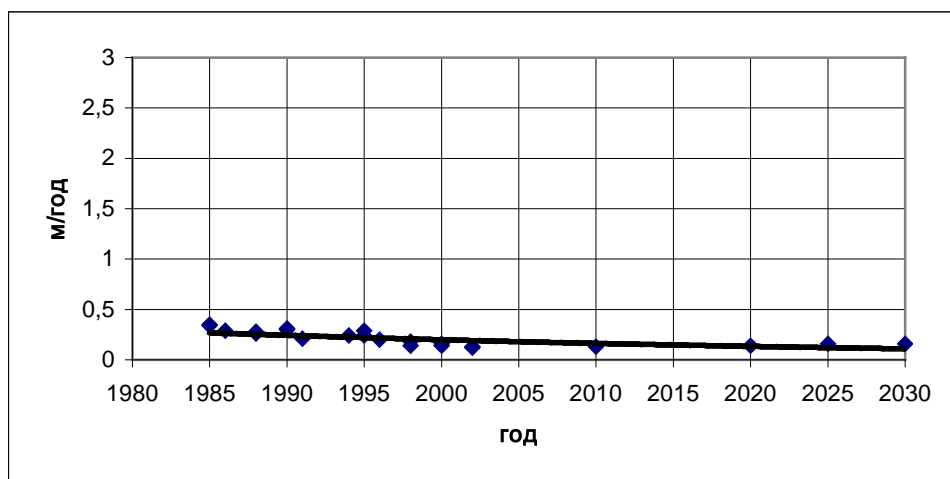


Рис. 8. Скорость смещения линии берега с 1985 года по 2030 год с НПУ – 63,3 м в зоне выклинивания подпора.

Составленная карта прогноза переработки берегов Нижнекамского водохранилища необходима для обоснования проектов переноса, защиты, реконструкции или строительства сооружений в береговой зоне рек (в зоне выклинивания подпора) и водохранилища, проведения и обоснования изыскательских маркшейдерских работ в акватории и береговой зоне, для планирования различных производственно-эксплуатационных мероприятий с целью сохранения особо ценных прибрежных территорий и защиты от загрязнения рек или водохранилища.

### Выводы

1. На водохранилище, по данным полевых материалов, результатам дешифрирования АФС, анализа топокарт и лоцманских карт были выделены 7 типов берегов: абразионные обвально-осыпные берега протяженностью 130 км, абразионно-оползневые берега протяженностью 17 км, абразионно-аккумулятивные берега протяженностью 66 км, аккумулятивные берега протяженностью 197 км, нейтральные берега протяженностью 84 км и эрозионные берега общей протяженностью 172 км, а также укрепленные берега протяженностью 112 км.

2. Высокое и одинаковое значение протяженности аккумулятивных и абразионных берегов (примерно по 25% от общей протяженности) определяется исходной морфологией рельефа до затопления долины реки Кама. При выделении аккумулятивных типов берегов приоритетным фактом было отсутствие размыва надводного берегового склона, а также выявление аккумуляции материала в прибрежной отмели с изменением ее морфометрических показателей. На долю обширных мелководий приходилось около 49% площади затопленной территории после наполнения водохранилища до уровня 62,0 м в 1979 году. Распространение в средней и верхней зонах Нижнекамского водохранилища обширных по площадям прибрежных отмелей и большого количества островов затрудняет разгон волн, что, в свою очередь, снижает динамику развития ветроволновых абразионных процессов по берегам, являясь важнейшим фактором развития аккумулятивных берегов. Вместе с тем, расположение затопленного русла Камы и ее притоков в

непосредственной близости от формируемых берегов водохранилища стало определяющим фактором в широком распространении приглубых (абразионных) берегов в приплотинной зоне водохранилища.

3. Распределение и развитие прибрежной отмели на Нижнекамском водохранилище находится в тесной зависимости от генетического типа перерабатываемого берега.

Абразионный характер развития отмели на Нижнекамском водохранилище представлен в районе, где береговые склоны имеют абразионно-оползневой и абразионно-обвальный типы развития. Формирование берегов Нижнекамского водохранилища по абразионно-осыпному типу характеризуется созданием абразионно-аккумулятивной отмели. В районах абразионно-аккумулятивных, аккумулятивных и нейтральных берегов представлен преимущественно аккумулятивный тип прибрежной отмели. В верховьях водохранилища, где представлен речной эрозионный тип берега, прибрежные отмели имеют слабо выработанный характер, а на участках меандрирования представлены отмелями с характерными аккумулятивными надводными (в меженный период) формами рельефа.

4. Максимальное переформирование берегов приходилось на период с 1983 по 1986 года, то есть через 4 - 7 лет после заполнения водохранилища. Анализ полевых и фондовых данных показал идентичное изменение во времени хода скоростей размыва и аккумуляции. При возрастании скоростей берегового размыва в первые года после наполнения водохранилища наблюдался рост значений аккумуляции прибрежных отмелей, что связано с поступлением на подводную часть берегового склона абрадируемого материала. В последующие годы уменьшение значений размыва уступов и, соответственно, отложения наносов объясняется наличием в подводной части сформировавшейся к этому времени отмели (в том числе, и аккумулятивной ее части), влияющей на энергетические параметры волны, подходящей к перерабатываемому берегу.

5. Количественная и качественная характеристика темпов переформирования побережья Нижнекамского водохранилища позволила сделать анализ переформирования береговой полосы при современном уровне 63,3 м на срок до 2030 года. Прогноз переформирования берегов на ближайшие 25 лет показал, что наибольшее затухание процессов переработки абразионных берегов будет наблюдаться в приплотинной и средней зонах. Скорость размыва эрозионных берегов в верхних зонах Нижнекамского водохранилища за рассматриваемый срок существенно не изменится.

Проведенный анализ прогнозных данных показал, что в приплотинной зоне общая скорость переработки абразионных берегов имеет тенденцию снижения, и при НПУ, равном 63,3, прогнозируется в 2030 году м ниже 0,15 м/год. Тенденция ветроволнового размыва берегов в средней гидрологической зоне, также характеризуется уменьшением величин скоростей до 0,16 м/год в 2030 году при эксплуатации водохранилища на современном НПУ. В верхней зоне скорость размыва уступов в течение эксплуатации водохранилища имеет незначительную величину снижения. В целом, средние скорости по прогнозу переработки берега

будут достигать 0,18 м/год. В зоне притоков сохраняется сходная со средней зоной картина темпов переработки. Прогнозные скорости руслового размыва берегов на заданный срок при НПУ, равном 63,3 м, не изменятся и будут колебаться в пределах 0,15 - 0,35 м/год.

**По теме диссертации опубликованы следующие работы:**

1. Вахитов Р.Р., Чумаков Е.А. Формирование берегов Нижнекамского водохранилища // Материалы Всероссийской научной конференции посвященной 200-летию Казанского университета. – Казань: КГУ, 2004.- С. 65-67.
2. Вахитов Р.Р. Переработка берегов Нижнекамского водохранилища // Научный Татарстан №3/4. - Казань : Фэн, 2003. – С. 107-111.
3. Вахитов Р.Р. Прогноз переработки берегов Нижнекамского водохранилища при НПУ 63 м. // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. - Казань.- 2004.-С. 110-111.
4. Вахитов Р.Р. Эколого-географические особенности эксплуатации Нижнекамского водохранилища // Перспективы развития экологического и сельского хозяйства и природопользования в Республике Татарстан (в печати).
5. Вахитов Р.Р., Вахитова Л.З. Деградация сельскохозяйственных земель в зоне влияния водохранилищ // Вузовская наука - России. - Набережные Челны.- 2005.- С. 45-46.
6. Вахитов Р.Р., Каримова Л.З. Некоторые аспекты влияния водохранилищ на геоэкологическую среду // Проблемы жизнеобеспечения больших городов. - Набережные Челны. – 2002.- С. 360-361.
7. Вахитов Р.Р., Черезов А.Н. Эколого-экономическая ситуация при изменении уровня Куйбышевского и Нижнекамского водохранилища // Социально-экономические и технические системы (СЭТС).- 2005.-№ 4 (12), [http://kampi.ru/sets/base/12\\_nomer/Vahitov/stat\\_1.htm](http://kampi.ru/sets/base/12_nomer/Vahitov/stat_1.htm)
8. Хаматова Р.Р., Сираев И.Р., Вахитов Р.Р. Фитоиндикация гидрологических условий Нижнекамского водохранилища // Биоразнообразие и биоресурсы Среднего Поволжья и сопредельных территорий. - Казань. –2002.- С. 87-88.
9. Хаматова Р.Р., Сираев И.Р., Вахитов Р.Р. Фитоиндикация температурных условий в зоне влияния Нижнекамского водохранилища // Проблемы выживания экологических механизмов хозяйствования в регионе Прикамья. - Набережные Челны. – 2002. – С. 25.
10. Хаматова Р.Р., Чумаков Е.А., Вахитов Р.Р. Временный аспект мониторинга природопользования водохранилищ // Современные технологии в машиностроении. - Пенза. – 2002.- Часть 2.- С. 92-94.

Научное издание

**Вахитов Ренат Рифгатович**

**ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ  
НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**АВТОРЕФЕРАТ**